

# Un approccio Lagrangiano ad elementi finiti per la simulazione di frane a grande scala

Massimiliano Cremonesi<sup>1</sup>, Francesco Ferri<sup>1</sup>, Umberto Perego<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, Milano, Italia*

*E-mail: massimiliano.cremonesi@polimi.it, francesco.ferri@mail.polimi.it, umberto.perego@polimi.it*

**Keywords:** simulazione numerica di frane, approccio Lagrangiano

A causa dei progressivi cambiamenti climatici, la frequenza con cui si presentano eventi franosi è in continuo aumento. Le conseguenze di questi fenomeni naturali estremi si possono vedere sia in termini di vittime che nei significativi danni provocati alle strutture ed alle infrastrutture. Per questo motivo lo studio e la valutazione del rischio e della pericolosità di frane assume un ruolo sempre più importante. Metodi numerici avanzati possono essere utilizzati per prevedere con precisione le conseguenze di questi fenomeni e per coadiuvare gli esperti nella valutazione di zone ad alta criticità.

In questo lavoro viene presentato un approccio numerico per la simulazione macroscopica della dinamica di frane in movimento. Il *Particle Finite Element Method* è stato rivisitato e applicato allo studio dell'espandimento di frane. L'essenza Lagrangiana del metodo permette di trattare in modo naturale la presenza di superfici libere soggette a grandi spostamenti e di interfacce che evolvono molto nel tempo, rendendo l'approccio particolarmente adatto alla simulazione di fenomeni franosi. A causa delle eccessive deformazioni della mesh, dovute alla natura Lagrangiana dell'approccio, è stato introdotto un remeshing automatico basato su una triangolazione di Delaunay tridimensionale. Una tecnica tipo *alpha-shape* viene poi utilizzata per definire la posizione e l'evoluzione delle superfici libere.

Il comportamento macroscopico della frana viene descritto utilizzando le equazioni di Navier-Stokes incomprimibili. Una legge costitutiva elasto-visco plastica basata su un comportamento non-Newtoniano alla Bingham viene utilizzata per caratterizzare il materiale franante. Per meglio rappresentare l'iterazione tra frana e terreno, sono state imposte delle condizioni di scorrimento relativo all'interfaccia tra la massa franante e il pendio.

L'approccio proposto è stato validato sia con benchmarks numerici che con test sperimentali, mostrando una buona concordanza con le misure fisiche. Il vero potenziale dell'approccio si può però verificare considerando casi reali. Attraverso una ricostruzione digitale delle zone dove sono avvenute delle frane, sono state create delle geometrie tridimensionali che permettono la simulazione di situazioni reali. I risultati sono stati paragonati sia con altri approcci numerici che con immagini post-evento mostrando l'accuratezza e le capacità predittive del metodo proposto.

## References

- [1] E. Oñate, S.R. Idelsohn, F. del Pin and R. Aubry. "The Particle Finite Element Method. An Overview" *International Journal of Computational Method*, **Vol 1(2)**, pp. 267-307, (2004).
- [2] M.Cremonesi, A. Frangi, U. Perego, "A Lagrangian finite element approach for the simulation of water-waves induced by landslides", *Computers & Structures*, **Vol 89(11-12)**, pp. 1086-103, (2011).
- [3] M. Quecedo, M. Pastor and M.I. Herreros, "Numerical modelling of impulse wave generated by fast landslides", *International journal for numerical Method in Engineering*, **Vol59(12)**, pp.1633-1656, (2004).